

ОСОБЕННОСТИ НАПРАВЛЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗОРБИРУЕМЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ФУЛЛЕРЕНОВ C₆₀

КАБАНЬКОВ А.В.¹, ИВАНОВ А.С.², МНАЦАКАНОВ С.С.³, РУМАКИН В.П.⁴, РЕЗНИЧЕНКО А.С.⁵

¹ООО «Умная стоматология», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴Российский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁵ООО «Конфиденция», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Вестник ВГМУ. – 2019. – Том 18, №4. – С. 91-97.

THE PECULIARITIES OF THE GUIDED BONE TISSUE REGENERATION ON USING RESORBABLE MEMBRANES BASED ON POLYVINYL ALCOHOL WITH THE ADDITION OF C60 FULLERENES

KABAN'KOV A.V.¹, IVANOV A.S.², MNATSAKANOV S.S.³, RUMAKIN V.P.⁴, REZNICHENKO A.S.⁵

¹ID Studio, Saint-Petersburg, Russian Federation

²Military Medicine Academy Named after S.M. Kirov, Saint-Petersburg, Russian Federation

³Saint-Petersburg State Institute of Cinema & Television, Saint-Petersburg, Russian Federation

⁴Russian Order of the Red Banner of Labour Research Institute of Traumatology & Orthopedics Named after R.R. Vreden, Saint-Petersburg, Russian Federation

⁵Aesthetic Orthodontics Clinic «Konfidencia», Saint-Petersburg, Russian Federation

Vestnik VGMU. 2019;18(4):91-97.

Резюме.

Актуальность исследования обусловлена возросшей необходимостью в полноценном возмещении объема костной ткани, утраченной при различных воспалительных заболеваниях и при травмах. Этой цели служит метод направленной регенерации костной ткани. Основным отличием его является использование мембран, выполняющих барьерную функцию отделения быстро растущей соединительной ткани и медленно растущей высокодифференцированной костной ткани. Однако все имеющиеся мембраны обладают определенными недостатками. Перспективной разработкой в этой области является резорбируемая мембрана на основе композиции поливиниловых спиртов с добавлением наночастиц – фуллеренов C₆₀. Впервые в эксперименте на 20 беспородных белых мышах проведено сравнение остеогенеза при укладке на костный дефект резорбируемой мембраны на основе композиции поливиниловых спиртов с добавлением фуллеренов C₆₀ и той же мембраны в сочетании с остеопластическим материалом «Остеопласт» для направленной регенерации альвеолярных отростков челюстей. При морфологическом изучении материала выявлено, что регенерат вновь образованного кортикального слоя более зрелый в той группе, где была применена резорбируемая мембрана на основе композиции поливиниловых спиртов с добавлением фуллеренов C₆₀.

Ключевые слова: направленная регенерация костной ткани, поливиниловый спирт, фуллерены C₆₀

Abstract.

The relevance of the study is conditioned by the increased need for full volume compensation of the bone tissue lost in case of various inflammatory diseases and injuries. A method of the guided bone tissue regeneration («bone tissue engineering») suits this purpose. Its main difference is the use of membranes that perform the barrier function separating

rapidly growing connective tissue from slowly growing highly differentiated bone tissue. However, all available membranes have certain disadvantages. A promising development in this area is a resorbable membrane based on the composition of polyvinyl alcohols with the addition of nanoparticles – C_{60} fullerenes. For the first time in the experiment on 20 mongrel white mice, osteogenesis was compared when laying on a bone defect the resorbable membrane based on the composition of polyvinyl alcohols with the addition of C_{60} fullerenes and the same membrane in combination with the osteoplastic material «Osteoplast» for the guided regeneration of alveolar processes of the jaws. The morphological study of the material showed that the regenerate of the newly formed cortical layer was more mature in the group where the resorbable membrane based on the composition of polyvinyl alcohols with the addition of C_{60} fullerenes was used.

Key words: guided bone tissue regeneration, polyvinyl alcohol, C_{60} fullerenes.

Актуальность работы обусловлена особенностями полноценного возмещения объема утраченной костной ткани при различных хирургических вмешательствах. Особое развитие остеопластические методики приобрели в связи с развитием имплантологических и костно-реконструктивных операций. Однако было отмечено, что при ревизии по поводу рецидивов ретикуляных кист после резекции верхушки корня в 10-15% случаев обнаруживалась несовершенная костная ткань хондроида типа [1, 2]. С аналогичной проблемой сталкиваются и травматологи-ортопеды при заполнении остеомиелитических полостей. Наиболее полно данный вопрос исследован в области хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Желание разобщить процессы регенерации костной ткани и слизистой оболочки альвеолярных отростков челюстей привело к появлению мембран и методики, которая получила название направленной регенерации костной ткани (НРКТ). Данная методика основана на понимании барьерной функции мембран с целью разграничения медленно растущей высокодифференцированной костной и низкодифференцированной соединительной тканей [1-7]. Лечение протяженных костных дефектов с применением данной методики менее изучено, однако применение мембран при их лечении не только вызывает определенный интерес, но и находит практическое применение, например, технология Masquel [9], эффективная, несмотря на свою технологическую сложность. Среди имеющихся в настоящее время нерезорбируемых мембран на основе титана и политетрафторидов (ПТЭФ, Cytoplast, США), а также резорбируемых мембран на основе гетерогенного или ксеногенного коллагена и полусинтетических и синтетических мембран, наиболее перспективными представляются именно последние [1, 2, 4, 8, 10, 11]. Они не обладают ни сенсibiliзирующим, ни токсическим действием, избавиться от которых в силу

технологических особенностей не представляется возможным. Однако полилактиды, являющиеся наиболее распространенными материалами в этой группе, обладают остеингибирующим действием [12]. Ко всему прочему, мембраны с длительными, более 4-6 недель, сроками резорбции, осумковываются и не подвергаются деградации [13]. Таким образом, все имеющиеся в настоящее время мембраны обладают определенными недостатками.

С целью оптимизации процессов остеогенеза была разработана резорбируемая мембрана на основе композиции поливиниловых спиртов (ПВС) разной степени гидратации с добавлением фуллеренов C_{60} [16, 17]. Материалы на основе ПВС хорошо известны отсутствием токсичности, биосовместимостью [14]. Однако они не отличаются биорезорбцией. Мембрана на основе композиции поливиниловых спиртов разной степени гидролиза с добавлением фуллеренов C_{60} , в отличие от «классического» поливинилового спирта, обладает свойством биорезорбции и положительно влияет на остеогенез [5, 6]. Резорбируемая мембрана на основе ПВС состоит из твердой формы – перфорированной пластинки, а также геля с порошкообразным отвердителем. В первой фазе восстановления костной ткани пластинка и гель совместно препятствуют врастанию низкодифференцированной ткани, способствуют сохранению сгустка в костном дефекте. Во второй фазе гель подвергается биорезорбции, в то время как перфорированная пластинка, сохраняя форму, не препятствует врастанию сосудов во вновь образованный регенерат костной ткани, обуславливая вазальный тип репаративного остеогенеза [4]. Углеродные нанотела – фуллерены оптимизируют процессы заживления ран в концентрации 0,2-0,02 мг% [13]. Таким образом, сравнение влияния на остеогенез резорбируемых мембран на основе композиции ПВС с добавлением фуллеренов C_{60} (ПВСФ) и этих же мембран в сочетании

с остеопластическим материалом «Остеопласт» имеет научное и практическое значение.

Цель работы – изучить в эксперименте влияние резорбируемой двухкомпонентной мембраны на основе ПВС на остеогенез.

Материал и методы

Исследование проводилось на белых беспородных крысах массой 180-200 гр в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных целей (Council of the European Communities Directive 86/609/EES) (Страсбург, 1986).

Исследование было проведено на 37 белых беспородных крысах разных полов. Была создана эффективная модель костного дефекта большеберцовых костей по ИСО 10993-99 «Изделия медицинские. Оценка биологического воздействия медицинских изделий».

После внутривенного наркоза и хирургического обеспечения доступа всем животным на бедренной кости справа и слева делался пропил длиной 15 мм и шириной 2 мм. В правую бедренную кость укладывалась перфорированная мембрана, шириной превосходящей пропилов, с нанесенным на ее внутреннюю сторону гелем (Подгруппа Аа). В распил на левой лапе укладывался ксеногенный остеопластический материал «Остеопласт», поверх которого укладывалась резорбируемая мембрана на основе ПВС (подгруппа Аб). Во второй группе (группа Б) остеопластический материал «Остеопласт» укладывался непосредственно в распил (подгруппа Бб). В подгруппе Ба резорбируемая мембрана укладывалась непосредственно на критичный костный дефект.

Животные выводились из опыта на 28 и 42 дни (группы А и Б) и на 42 день (группа Б). После выведения из опыта на морфологическое исследование брали фрагмент кости с пропилом и окружающие мягкие ткани. Полученный материал фиксировали 10% нейтральным формалином в течение 24 ч. После проводили декальцинирование в 25% растворе органической кислоты «трилон Б», обезжизняли и заливали в парафин, применяя модульную систему заливки парафином Tissue-Tek® TEC™ 5 (Биовитрум, Россия). После проводки и заливки в парафин изготавливали серийные срезы толщиной 5 мкм с помощью санного микротомы Leica (Leica Microsystems, Германия), которые окрашивали гематоксилин-

эозином (Биовитрум, Россия).

Микроскопическое исследование выполняли при помощи светового микроскопа Nikon 50i с увеличением в 40, 100, 200 и 400 раз. Оценивали состояние костной ткани и костнопластического материала.

Оценивали зрелость вновь образованного регенерата кортикального слоя, его толщину и соединение с краями распила.

Для статистического анализа использовалась свободно доступная программа AtteStat версии 13.1.

Результаты

При совместном введении геля с добавлением загустителя и пленочной формы составной мембраны на срезах (рис. 1) видны к 28 суткам полноценно формирующиеся ткани компактного слоя кости, в ее толще – единичные сосуды и разрозненные единичные глыбки полупрозрачного вещества. Кортикальный слой частично восстановлен за счет разрастаний надкостницы и очагов остеогенеза. Сохраняются небольшие его дефекты, закрытые богатой клетками и сосудами соединительной тканью. Таким образом сформирована фиброзная мозоль с признаками частичной оссификации. В сформированной мозоли определяются как остатки пленки, так и геля в виде капель. К 42 суткам на препаратах видна надкостница, эндостальная реакция слабо выраженная. Дефект выполнен сформированной костной мозолью в виде компактной кости, отличается повышенной клеточностью, сниженной эозинофилией. Материал практически не определяется.

При совместном введении геля с загустителем в сочетании с остеопластом (рис. 2) на препаратах к 28 суткам в области костной мозоли четко видны костные крошки в стадии резорбции. В то же время дефект прикрыт тонкой (в соотношении 1:3 по отношению к опыту) пластинкой костной ткани в стадии формирования.

Среднее значение толщины вновь сформированного регенерата кортикального слоя в области распила при укладке на костный дефект резорбируемой мембраны на основе ПВС (табл. 1, подгруппа Аа) составила 289 мкм, среднее отклонение 96 мкм. При укладке на костный дефект смеси остеопластического материала «Остеопласт» и геля на основе композиции ПВС с добавлением фуллеренов C₆₀ средняя толщина вновь образованного регенерата кортикального

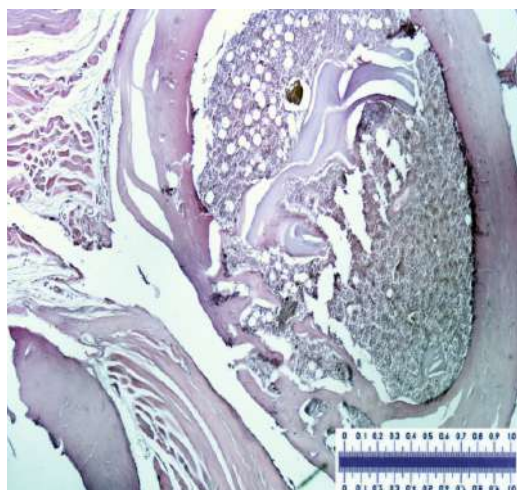


Рисунок 1 – Формирование кортикального слоя к 42 суткам. Опыт (подгруппа А а). Сформированная костная мозоль с признаками оссификации. Соединение с краем распила плотное. 42 сутки. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение x40.

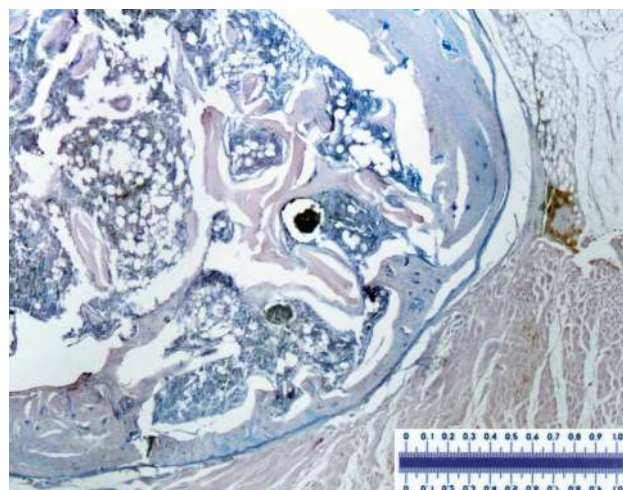


Рисунок 2 – Контроль: резорбируемая мембрана на основе ПВСФ в сочетании с остеопластическим материалом. Регенерат вновь образованного кортикального слоя тонкий. Соединение с краем распила плотное, стабильное. 42 сутки. Окраска пикрофуксином. Увеличение x40.

Таблица 1 – Сравнение остеогенеза под воздействием резорбируемой мембраны на основе композиции ПВС и геля на основе композиции ПВС в сочетании с остеопластическим материалом «Остеопласт». Частота встречаемости различной толщины кортикального слоя под воздействием разных материалов

Срок, дни	Резорбируемая мембрана на основе ПВС (подгруппа Аа)		Резорбируемая мембрана на основе ПВС в сочетании с остеопластическим материалом «Остеопласт» (подгруппа Аб)	
	Толщина кортикального слоя 168±101 мкм	Толщина кортикального слоя 289±96 мкм	Толщина кортикального слоя 168±101 мкм	Толщина кортикального слоя 289±96 мкм
28 дней	1	9	10	0
42 дня	1	9	10	0

слоя составила 168 мкм (табл. 1, подгруппа Аб), среднее отклонение 101 мкм.

При укладке в распил остеопластического материала «Остеопласт» наблюдался фиброз с участками хондроидальной ткани. Соединение с краем распила нестабильное. Кортикальный слой отсутствует. В окружающих тканях фрагменты остеопластического материала. При использовании остеопластического материала на 42 сутки отсутствовало замещение дефекта костной тканью, мозоль оставалась фиброзной с большим количеством инкапсулированных (интегрированных) нежизнеспособных костных фрагментов, часть из которых с признаками остеокластической резорбции. Васкуляризация фиброзной ткани в данной области была слабо выражена (рис. 3). Кроме того, следует отметить, что край резек-

ционного отверстия оказался окружен фиброзной тканью и подвергался резорбции в динамике наблюдения.

Обсуждение

Различия в формировании вновь образованного регенерата кортикального слоя, схожие по своей сути, но различные по толщине, указывают на схожий остеогенез при введении резорбируемой мембраны на основе ПВСФ и при введении в распил остеопластического материала «Остеопласт» в сочетании с резорбируемой мембраной ПВСФ. В то же время при введении в распил остеопластического материала «Остеопласт» без резорбируемой мембраны на основе ПВС мы наблюдали образование незрелого регенера-

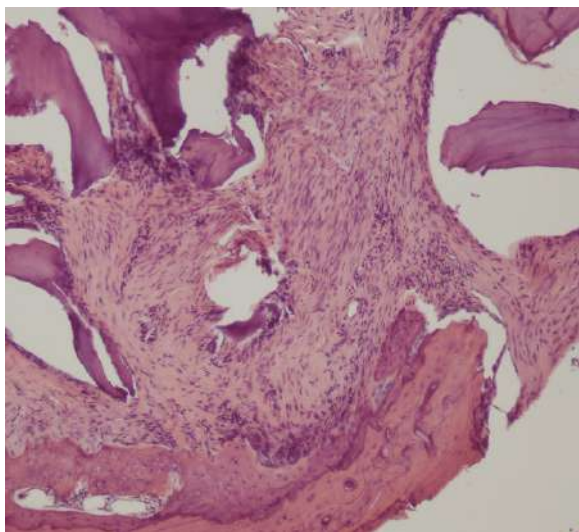


Рисунок 3 – Хондронидная ткань на месте введения в распил остеопластического материала «Остеопласт». Соединение вновь образованного регенерата костной ткани с краем распила отсутствует. 42 сутки.
Окраска гематоксилин-эозином. х 100.

та кортикального слоя, не соединенного с краем распила.

Такое различие (группа А) также имеет практическое значение. Разность долей объектов с толщиной $168 \div 101$ мкм является высоко статистически значимой (достигнутый уровень значимости точного критерия Фишера равен $0,0000 < 0,001$), разность долей объектов с толщиной $289 \div 96$ мкм также является высоко статистически значимой (достигнутый уровень значимости точного критерия Фишера равен $0,0000 < 0,001$).

Таким образом, толщина кортикального слоя на разных сроках в группах с применением резорбируемой мембраны на основе ПВСФ и резорбируемой мембраны ПВСФ в сочетании с «Остеопластом» высоко статистически значимо различается. Различие имеет также и практическое значение.

Сравнение остеогенеза по признаку несовершенного остеогенеза – образования фиброзной ткани хондронидного типа на 42 день в группе Б дает статистически следующий результат: доверительные интервалы долей объектов с разным состоянием кортикального слоя не пересекаются. Разность границ 95%-ых доверительных интервалов в разных группах составляет 79,4 процентных пункта, разность границ 99,9%-ого интервала – 50,9 процентных пункта. Такое различие

имеет практическое значение.

Таким образом, состояние кортикального слоя высоко статистически и практически значимо различается в группах с применением ПВСФ при свободной укладке и в сочетании с остеопластическим материалом «Остеопласт».

Заключение

На основании вышесказанного можно утверждать следующее:

1. Резорбируемые мембраны на основе композиции ПВС с добавлением фуллеренов C_{60} оптимизируют остеогенез.
2. Резорбируемые мембраны на основе композиции ПВС с добавлением фуллеренов C_{60} способствуют образованию полноценного регенерата кортикального слоя.
3. Резорбируемые мембраны на основе композиции ПВС с добавлением фуллеренов C_{60} могут быть рекомендованы для использования в направленной регенерации костной ткани.

Литература

1. Оценка биосовместимости резорбируемых мембран на основе поливинилового спирта с добавлением фуллеренов C_{60} / Г. А. Гребнев [и др.] // Ин-т стоматологии. – 2019. – № 1. – С. 120–122.
2. Иванов, А. С. Основы дентальной имплантации : учеб. пособие / А. С. Иванов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 63 с.
3. Остеопластика в хирургической стоматологии / А. С. Иванов [и др.]. – СПб. : СпецЛит, 2018. – 79 с.
4. Разработка биоматериалов для остеопластики на основе коллагеновой костной ткани / С. Ю. Иванов [и др.] // Ин-т стоматологии. – 2005. – № 4. – С. 108–111.
5. Перспективы применения резорбируемых тентовых конструкций на основе композиции поливиниловых спиртов разной степени омыления с добавлением нанотел фуллеренов $c-60$ и $c-90$ // Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях Севера : сб. ст. межрегионал. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию образования стоматол. отд-ния Мед. ин-та ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова». – Якутск, 2016. – С. 138–147.
6. Прохончуков, А. А. Обмен гликопротеидов в челюстных костях при экспериментальном пародонтозе / А. А. Прохончуков, Н. А. Жижина, В. К. Леонтьев // Этиология и патогенез основных стоматологических заболеваний. – М., 1977. – С. 54–57.
7. Оценка результатов оперативных вмешательств на тканях пародонта с применением мембран из политетрафторэтилена фирмы «Экофлон» / Г. И. Прохвятилов [др.] // Актуальные вопросы челюстно-лицевой хирургии и стоматологии : сб. науч. тр. конф., посвящ. 75-летию со дня основания каф. челюстно-лицевой хирургии и стоматологии. – СПб., 2004. – С. 149–150.

8. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации костной ткани челюстей / Л. В. Усиков [и др.]. – СПб. : Нордмедиздат, 2014. – 144 с.
9. Masquelet, A. C. Muscle reconstruction in reconstructive surgery: soft tissue repair and long bone reconstruction / A. C. Masquelet // *Langenbecks Arch. Surg.* – 2003 Oct. – Vol. 388, N 5. – P. 344–346.
10. Bottino, M. C. Membranes for Periodontal Regeneration / M. C. Bottino, V. Thomas // *Front Oral. Biol.* – 2015. – Vol. 17. – P. 90–100.
11. The role of barrier membranes for guided bone regeneration and restoration of large bone defects: current experimental and clinical evidence / R. Dimitriou [et al.] // *BMC Med.* – 2012 Jul. – Vol. 10. – P. 81.
12. Ip, W. Y. Polylactide membranes and sponges in the treatment of segmental defects in rabbit radii / W. Y. Ip // *Injury.* – 2002 Aug. – Vol. 33, suppl. 2. – P. B66–B70.
13. Реакция тканей крыс на введение резорбируемого полимера на основе молочной кислоты / И. В. Майбородин [и др.] // *Бюл. эксперим. биологии и медицины.* – 2013. – Т. 156, № 12. – С. 848–853.
14. Ушаков, С. Н. Поливиниловый спирт и его производные. Т. 2 / С. Н. Ушаков. – М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1960.
15. Венгерович, Н. Г. Патогенетическое обоснование применения биоактивных наноматериалов при раневом процессе : дис. ... канд. мед. наук : 14.03.03 / Н. Г. Венгерович. – СПб., 2011. – 151 с.
16. Способ получения поливинилового спирта для изготовления пленочного материала медицинского назначения : пат. 2499012 Рос. Федерация : МПК C08L 29/04, C08K 3/04, B82B 3/00 / Кабаньков А. В., Попов В. А., Чистякова Т. А., Варламов А. В., Чезлов И. Г., Мнацаканов С. С. ; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург. гос. ун-т кино и телевидения. – № 2011149449/05 ; заявл. 05.12.11 ; опубл. 20.11.13, Бюл. № 32.
17. Способ получения композиции на основе смеси водорастворимых полимеров : пат. 2660033 Рос. Федерация : МПК C08J 3/03, C08L 29/04, C08K 3/045, B82Y 30/00 / Орехова Л. Н., Кабаньков А. В., Ильина В. В., Бабкин О. Э., Мнацаканов С. С. ; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург. гос. ун-т кино и телевидения. – № 2016119483 ; заявл. 19.05.16 ; опубл. 04.07.2018, Бюл. № 19.

Поступила 20.05.2019 г.

Принята в печать 25.07.2019 г.

References

1. Grebnev GA, Ivanov AS, Kaban'kov AV, Mnatsakanov SS, Berlin YuI. Assessment of biocompatibility of resorbed membranes based on polyvinyl alcohol with the addition of fullerenes C60. In-t Stomatologii. 2019;(1):120-2. (In Russ.)
2. Ivanov AS. Fundamentals of dental implantation: ucheb posobie. Saint Petersburg, RF: SpetsLit; 2013. 63 p. (In Russ.)
3. Ivanov AS, Kaban'kov AV, Mnatsakanov SS, Rumakin VP. Osteoplasty in surgical dentistry. Saint Petersburg, RF: SpetsLit; 2018. 79 p. (In Russ.)
4. Ivanov SYu, Larionov EV, Panin AM, Kravets VM, Anisimov SI, Volodina DN. Development of biomaterials for osteoplasty based on collagen bone tissue. In-t Stomatologii. 2005;(4):108-11. (In Russ.)
5. Kaban'kov AV, Rumakin VP, Muzykin MI, Ivanov AS. Prospects of application of resorbable tent structures on the basis of composition of polyvinyl alcohols of different degrees of saponification with addition of fullerenes c-60 and c-90. V: Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiia stomatologii v usloviakh Severa: sb st mezhregional nauch-prakt konf, posviashch 20-letiiu obrazovaniia stomatol otd-niia Med in-ta FGAOU VPO «Severo-Vostochnyi federal'nyi universitet imeni MK Ammosova». Yakutsk, RF; 2016. P. 138-47. (In Russ.)
6. Prokhonchukov AA, Zhizhina NA, Leont'yev VK. Exchange of glycoproteins in the jawbone in experimental periodontal disease. V: Etiologiya i patogenez osnovnykh stomatologicheskikh zabolevanii. Moscow, RF; 1977. P. 54-7.
7. Prokhvatilov GI, Kovalevskiy AM, Iordanishvili AK, Gordeev SA, Usikov DV. Evaluation of the results of surgical interventions on periodontal tissues with the use of membranes made of polytetrafluoroethylene by Ecoflon. V: Aktual'nye voprosy cheliustno-litsevoi khirurgii i stomatologii: sb nauch tr konf, posviashch 75-letiiu so dnia osnovaniia kaf cheliustno-litsevoi khirurgii i stomatologii. Saint Petersburg, RF; 2004. P. 149-50. (In Russ.)
8. Usikov LV, Iordanishvili AK, Balin DV, Shengeliya EV. Morphological and clinical aspects of reparative regeneration of jaw bone tissue. Saint Petersburg, RF; 2014. 144 p. (In Russ.)
9. Masquelet AC. Muscle reconstruction in reconstructive surgery: soft tissue repair and long bone reconstruction. *Langenbecks Arch Surg.* 2003 Oct;388(5):344-6. doi: 10.1007/s00423-003-0379-1
10. Bottino MC, Thomas V. Membranes for Periodontal Regeneration. *Front Oral Biol.* 2015;17:90-100. doi: 10.1159/000381699
11. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Calori GM, Giannoudis PV. The role of barrier membranes for guided bone regeneration and restoration of large bone defects: current experimental and clinical evidence. *BMC Med.* 2012 Jul;10:81. doi: 10.1186/1741-7015-10-81
12. Ip WY. Polylactide membranes and sponges in the treatment of segmental defects in rabbit radii. *Injury.* 2002 Aug;33 Suppl 2:B66-70.
13. Mayborodin IV, Kuznetsova IV, Beregovoy EA, Shevela AI, Mayborodina VI, Manaev AA, i dr. Reaction of rat tissues to the introduction of a resorbable lactic acid-based polymer. *Biul Eksperim Biologii Meditsiny.* 2013;15(12):848-53. (In Russ.)
14. Ushakov SN. Polyvinyl alcohol and its derivatives. T 2. Moscow, RF; Leningrad, RF: Izd-vo Akad nauk SSSR; 1960. (In Russ.)
15. Vengerovich NG. Pathogenetic substantiation of the use of bioactive nanomaterials in the wound process: dis ... kand med nauk: 14.03.03. Saint Petersburg, RF; 2011. 151 p. (In Russ.)
16. Kaban'kov AV, Popov VA, Chistyakova TA, Varlamov AV,

Chezlov IG, Mnatsakanov SS; zaiavitel' i patentoobladatel' Sankt-Peterburg gos un-t kino i televideniia. Method of polyvinyl alcohol production for manufacturing of medical film material: pat. 2499012 Ros Federatsiia: MPK C08L 29/04, C08K 3/04. B82B 3/00. № 2011149449/05; zaiavl 05.12.11; opubl 20.11.13, Biul № 32. (In Russ.)

17. Orekhova LN, Orekhova LN, Kaban'kov AV, Il'ina VV,

Babkin OE, Mnatsakanov SS; zaiavitel' i patentoobladatel' Sankt-Peterburg gos un-t kino i televideniia. Method for obtaining a composition based on a mixture of water-soluble polymers: pat. 2660033 Ros Federatsiia: MPK C08J 3/03, C08L 29/04, C08K 3/045, B82Y 30/00. № 2016119483; zaiavl 19.05.16; opubl 04.07.2018, Biul № 19. (In Russ.)

Submitted 20.05.2019

Accepted 25.07.2019

Сведения об авторах:

Кабаньков А.В. – врач-стоматолог-хирург, ООО «Умная стоматология»;

Иванов А.С. – д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова;

Мнацаканов С.С. – д.т.н., профессор кафедры технологии полимеров и композитов, Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения;

Румакин В.П. – к.м.н., ст.н.с. экспериментально-патоморфологического отделения, Российский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена;

Резниченко А.С. – врач-стоматолог ООО «Конфиденция».

Information about authors:

Kaban'kov A.V. – dental surgeon, ID Studio;

Ivanov A.S. – Doctor of Medical Sciences, professor of the Chair of Maxillofacial Surgery & Operative Dentistry, Military Medicine Academy Named after S.M. Kirov;

Mnatsakanov S.S. – Doctor of Technical Sciences, professor of the Chair of Polymers & Composites Technology, Saint-Petersburg State Institute of Cinema & Television;

Rumakin V.P. – Candidate of Medical Sciences, senior research officer of the experimental and pathomorphologic department, Russian Order of the Red Banner of Labour Research Institute of Traumatology & Orthopedics Named after R.R. Vreden;

Reznichenko A.S. – dentist, Aesthetic Orthodontics Clinic «Konfidencia».

Адрес для корреспонденции: Российская Федерация, 197000, г. Санкт-Петербург, пер. Пирогова, 16, оф. 17.
E-mail: Viandr2007@yandex.ru – Кабаньков Андрей Васильевич.

Correspondence address: Russian Federation, 197000, Saint-Petersburg, 16 Pirogov per., ID Studio. E-mail: Viandr2007@yandex.ru – Andrey V. Kaban'kov.